



# PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1198/94

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : H04R 1/28

(22) Anmeldetag: 16. 6.1994

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 8.1995

(45) Ausgabetag: 25. 4.1996

(56) Entgegenhaltungen:

DE 2803885A1 DE 3630951A1 DE 3207695A1 DE 2831401A1  
DE 3007773A1 DE 3107344A1 DE 3007808A1

(73) Patentinhaber:

AKG AKUSTISCHE U. KIND-GERÄTE GESELLSCHAFT M.B.H.  
A-1230 WIEN (AT).

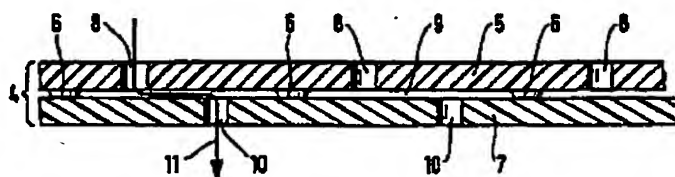
(72) Erfinder:

FIDI WERNER DIPL.ING.  
BADEN, NIEDERÖSTERREICH (AT).

## (54) AKUSTISCHER WIDERSTAND, INSBESONDERE FÜR ELEKTROAKUSTISCHE WANDLER

(57) Die Erfindung betrifft einen akustischen Widerstand, vorzugsweise für elektroakustische Wandler, bestehend aus zwei oder mehreren mit einer großen Anzahl von Durchgangslöchern versehenen, distanziert zueinander angeordneten Lochplatten, so daß der Schall durch die Löcher und durch die zwischen den Lochplatten liegenden Hohlräume hindurchtritt.

Dabei ist vorgesehen, daß die Lochplatten (5, 7) mit Erhebungen (6) versehen sind, auf denen sie berührend aufeinander aufliegen, wobei die Höhe der Erhebungen (6) so niedrig gewählt ist, daß im interessierenden Frequenzbereich der frequenzunabhängige Anteil des akustischen Widerstandes wesentlich höher ist als der frequenzabhängige Anteil.



Die Erfindung betrifft einen akustischen Widerstand, insbesondere für elektroakustische Wandler, bestehend aus zwei oder mehreren mit einer großen Anzahl von Durchgangslöchern versehenen, distanziert zueinander angeordneten Lochplatten, so daß der Schall durch die Löcher und durch die zwischen den Lochplatten liegenden Hohlräume hindurchtritt.

- 5 Elektroakustische Wandler benötigen, gleichgültig, ob sie als Schallsender oder Schallempfänger ausgebildet sind, akustische Reibungswiderstände, sei es zur Dämpfung einer Spitze im Frequenzgang oder zur Herstellung eines phasendrehenden Gliedes, zur Ausbildung einer Richtcharakteristik od.dgl.

- Bekannte Materialien für akustische Widerstände sind Filz, Faservlies, Filterpapier, offenporiger Schaumstoff, Metall- oder Textilgewebe, auch feinstgelochte Metall- oder Kunststoffolien werden verwendet.  
 10 Vielen dieser Materialien haftet der Nachteil an, daß sie nicht für akustische Zwecke konzipiert wurden und daher oft sehr große Toleranzen in ihren akustischen Werten aufweisen. Dies gilt insbesondere für Filze und Faservliese. Metallgewebe und gelochte Metall- oder Kunststoffolien wiederum sind im allgemeinen sehr teuer.

- Es wird daher seit langem versucht, akustische Reibungen im Spritzgußverfahren aus Kunststoff zu realisieren, da dies eine einfache und billige Herstellungsmethode darstellt. Schon in der DE-AS 2 206 093  
 15 wurde ein ringförmiger Schlitz in einem Kunststoffteil beschrieben, der die Membranbewegung eines Telefonwandlers bedämpft. Scheibenförmige Schlitzte von 0,01 - 0,025 mm wurden in der DE-PS 1 041 082 vorgeschlagen. Ein justierbares Kunststoffspritzwerkzeug wurde in der AT-PS 337 793 vorgeschlagen, mit dessen Hilfe Platten oder Wandlerumspritzungen mit einer Vielzahl von Löchern hergestellt werden können.  
 20 Diese Löcher ergeben dann die notwendige akustische Reibung.

- Weiters wird in der AT-PS 378 306 die Herstellung von Lochreibungen mittels eines Lasers beschrieben. In der GB-PS 670 868 wird ein akustisches Filter vorgeschlagen, das aus zwei oder mehreren Lochscheiben besteht, die gegeneinander verdreht und im Abstand zueinander verändert werden können. Bei dieser Anordnung kann die Filtercharakteristik durch Verdrehen der beiden Lochplatten gegeneinander  
 25 und durch Änderung des Abstandes zwischen den Platten verändert werden.

- In der AT-PS 378 306 wird aus dem Akustikstandardwerk von H.Olsen "Acoustical Engineering", van Nostrand Comp. (1957) zitiert, daß jeder durch Löcher oder Spalten gebildete akustische Widerstand aus einem frequenzunabhängigen und einem frequenzabhängigen Anteil besteht. Für ein zylindrisches Loch wird dort formelmäßig angegeben, daß der frequenzunabhängige Anteil verkehrt proportional der 4. Potenz,  
 30 der frequenzabhängige Anteil jedoch verkehrt proportional der 2. Potenz des Lochradius ist.

Eine Verkleinerung des Lochdurchmessers wird daher zu einer Zunahme des gesamten akustischen Widerstandes führen, wobei jedoch der frequenzunabhängige Anteil überproportional zunehmen wird.

- Zur Beeinflussung des Frequenzganges eines elektroakustischen Wandlers werden sehr häufig Vorsätze benutzt, die in Form eines Helmholtz-Resonators ausgebildet sind. Diese Resonatoren bestehen aus  
 35 mindestens einem Luftvolumen und mindestens einer Luftmasse und haben ganz allgemein den Zweck, den Frequenzgang des Wandlers zu verbessern, wie es in der DE A1 36 30 951 beschrieben wird. Es können aber auch unerwünschte Resonanzen des Wandlerelementes verschoben bzw. abgeschnitten werden. Eine besondere Ausgestaltung des Raumes vor dem schwingenden Element wird in der DE A1 30 07 773 beschrieben. Durch geeignete Wahl der Schallöffnungen wird eine Verringerung der unerwünschten  
 40 Überhöhungen erreicht. Wo Wandler eine deutliche Empfindlichkeitsspitze in einem Frequenzbereich haben, der gar nicht übertragen werden soll, werden diese Vorsätze als Tiefpaß ausgeführt, wie dies z.B. in der DE A1 28 31 401 und der DE A1 31 07 344 beschrieben wird. Sehr häufig werden zusätzlich noch frequenzunabhängige Dämpfungen z.B. in Form von porösen Schaumstoffen in diese Vorsätze eingelegt. Anordnungen dieser Art werden in der DE A1 32 07 695 und der DE A1 30 07 808 unter Schutz gestellt.  
 45 Die DE A1 28 03 885 beschreibt eine Schutzkappe ohne besondere akustische Wirkung außer, daß durch sie eine Dämpfungsscheibe in Position gehalten wird.

Bei allen diesen Vorsätzen handelt es sich immer um Einrichtungen, die erfindungsgemäß einen nicht ebenen Frequenzgang besitzen. Zur gleichmäßigen Dämpfung über einen größeren Frequenzbereich müssen dann häufig zusätzliche Teile verwendet werden.

- 50 Sehr oft werden in der Akustik jedoch frequenzunabhängige Widerstände gewünscht. Die Erfindung hat es sich daher zum Ziel gesetzt, einen akustischen Widerstand zu schaffen, der über einen weiten Bereich frequenzunabhängig ist und billig hergestellt werden kann.

- Im einfachsten Fall wird der akustische Widerstand erfindungsgemäß durch zwei aufeinander liegende Lochplatten realisiert, die mit Erhebungen versehen sind, sodaß zwischen ihnen ein Hohlraum gebildet wird.  
 55 Die Lochplatten müssen dabei so aufeinander gelegt werden, daß deren Löcher nicht übereinander zu liegen kommen.

Wird dieser Widerstand nun von einer Seite beschallt, so tritt der Schall durch die Löcher der ersten Lochplatte hindurch, läuft dann zwischen den Platten weiter und tritt bei den Löchern der zweiten Lochplatte

wieder aus.

Die Höhe der Erhebungen wird so niedrig gewählt, daß im interessierenden Frequenzbereich der frequenzunabhängige Anteil des akustischen Widerstandes wesentlich höher ist als der frequenzabhängige Anteil. Die Höhe der Erhebungen kann dabei aus der Formel für den akustischen Widerstand einer Spaltreibung, nach Olson, "Acoustical Engineering", Van Nostrand Comp, New York, (1957) abgeschätzt werden:

$$Z = \frac{12\mu w}{d^3 l} + j \frac{12 g w \pi f}{5 l d}$$

- $\mu$  Viskositätskoeffizient der Luft,  $1,86 \cdot 10^{-5}$  kg/m.sec  
 $w$  Tiefe des Spaltes  
 $l$  Länge des Spaltquerschnitts  
 $d$  Dicke des Spaltquerschnitts  
 $g$  Dichte der Luft,  $1,2$  kg/m<sup>3</sup>  
 $f$  Frequenz der Schallwelle

Unter der Annahme, daß der frequenzunabhängige Teil der Reibung immer mindestens 5 mal größer sein soll als der frequenzabhängige ergibt sich daraus z.B. für den Hörfrequenzbereich von 20 - 20000 Hz eine maximale Dicke des Spaltes von  $16\mu$ . Beschränkt man sich auf den Sprachfrequenzbereich bis 4000 Hz, so genügt unter den gleichen Voraussetzungen eine Spaltdicke von  $35\mu$ .

Wie aus der Formel ersichtlich, steigt der Wert des akustischen Widerstandes an, wenn die Spaltdicke verringert wird. Müssen sehr dünne Spalte verwendet werden, können dann besonders hohe Werte der akustischen Reibung auftreten.

Um zu verhindern, daß der akustische Widerstand zu hoch wird, wird erfindungsgemäß die Anzahl der Ein- und Austrittslöcher sehr groß gewählt, wodurch viele parallele Schallwege gebildet werden. Ihre Einzelwiderstände summieren sich nach den bekannten Regeln der Widerstandsaddition zum Gesamtwiderstand. Je mehr Eintrittslöcher daher vorhanden sind, umso niedriger wird der Wert des erfindungsgemäßen akustischen Widerstandes sein.

Zusammen mit dem Durchmesser der Ein- und Austrittslöcher sowie der Höhe der Erhebungen gibt die Anzahl der wirksamen Ein- und Austrittslöcher eine einfache Möglichkeit, den Widerstandsbereich zu bestimmen.

Um eine gute statistische Verteilung der Einzelwiderstände zu erreichen, sollen die Löcher und die distanzierenden Erhebungen gleichmäßig über die ganze Lochplatte verteilt werden.

Die Anordnung der Löcher kann vorzugsweise so erfolgen, daß von jedem Eintrittsloch zu einem einzigen Austrittsloch ein deutlich kürzerer Weg existiert als zu den übrigen Löchern der folgenden Platte. Dadurch wird der größte Teil des eintretenden Schalls entlang dieses Weges verlaufen.

Durch Verschieben der Lochplatten gegeneinander kann dann der akustische Widerstand in erster Näherung proportional zu der Wegänderung zwischen Eintritts- und Austrittsloch verändert werden.

Die Erhebungen selbst können auf verschiedene Art realisiert werden. Bei Kunststoffteilen können sie schon in der Werkzeugform enthalten sein.

Eine andere Möglichkeit, den Abstand zwischen den Lochplatten zu realisieren, besteht darin, die beteiligten Oberflächen mit einer definierten Rauigkeit zu versehen, wie dies z.B. durch Sandstrahlen geschehen kann. Bei Kunststoffteilen kann die gewünschte Oberflächenrauigkeit direkt beim Spritzen hergestellt werden. In diesem Fall kann mit besonders guten Ergebnissen gerechnet werden, da alle Teile gleich aussehen, und wegen der statistischen Verteilung der Erhebungen die akustischen Widerstände eine sehr geringe Streuung aufweisen werden.

Nach DIN 4766 wird die Oberflächenrauigkeit in Klassen N1...N12 eingeteilt. Durch Angabe dieser Rauigkeitsklasse kann der wirksame Abstand der Lochplatten technisch reproduzierbar angegeben werden, da der Mittenrauhwert  $R_a$  dabei in etwa dem wirksamen Abstand der Lochplatten entspricht.

Die Erfindung wird in der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen an Hand der Zeichnung näher erläutert. Die Fig. 1 zeigt einen elektroakustischen Wandler mit einem erfindungsgemäßen akustischen Widerstand. In Fig. 2 ist dieser ausschnittsweise im Querschnitt dargestellt. Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit definierter Oberflächenrauigkeit. Die Fig. 4 zeigt eine Ausführung mit kreisrunden Lochplatten und Fig. 5 die gleiche Anordnung, jedoch mit einer Verdrehung der Lochplatten um  $22,5^\circ$ . Die Abhängigkeit des Widerstandswertes vom Drehwinkel zeigt Fig. 6. Die Fig. 7 und 8 zeigen Ausführungen

mit drei Lochplatten mit verschiedenen langen Schallwegen und die Fig. 8 ein Beispiel, bei dem eine Lochplatte in das Wandlergehäuse integriert ist.

In Fig. 1 ist schematisch ein Schallwandler, bestehend aus Membran 1, Elektrode 2, Gehäuse 3 und erfindungsgemäßem akustischen Widerstand 4 dargestellt. Die Bewegung der Membran 1 wird durch den erfindungsgemäßen akustischen Widerstand 4 bedämpft.

Ein einfaches Ausführungsbeispiel dieses Widerstandes zeigt ausschnittsweise die Fig. 2. Die dem Schall zugekehrte Lochplatte 5 ist mit Erhebungen 6 versehen, auf denen die zweite Lochplatte 7 berührend aufliegt. Der Schalleintritt erfolgt durch Löcher 8 an der dem Schall zugewandten Lochplatte 5. Der Schall wird sich durch den Hohlraum 9 zwischen der ersten und zweiten Lochplatte in Richtung zum nächstgelegenen Loch 10 der zweiten Lochplatte fortpflanzen und durch dieses Loch die zweite Lochplatte 7 verlassen. Ein Schallweg ist durch den Pfeil 11 gekennzeichnet.

Der akustische Widerstand eines einzelnen Schallweges ergibt sich als die Summe der in Serie angeordneten Einzelwiderstände der folgenden drei akustischen Elemente: Eintrittsloch 8, Hohlraum 9 zwischen Ein- und Austrittsloch und Austrittsloch 10.

Ein Ausführungsbeispiel mit zwei Lochplatten 5, 7, bei dem deren Distanzierung durch eine definierte Oberflächenrauigkeit bewirkt wird, ist schematisch in Fig. 3 dargestellt.

Die Verwendung einer großen Anzahl von Durchgangslöchern in den Lochplatten ist ein weiteres Merkmal der Erfindung. Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit kreisrunden Lochplatten in der Draufsicht. Dabei sind die Löcher 8 der oberen Lochplatte schwarz, die Löcher 10 der unteren Lochplatte weiß gekennzeichnet.

Ein akustischer Widerstand kann selbstverständlich auch durch mehrere Lochplatten realisiert werden, wobei die Durchgangslöcher jeder Platte im Verhältnis zur vorhergehenden Platte versetzt angeordnet werden. Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit drei Lochplatten 12, 13, 14. Der Schallweg ist schematisch durch einen Pfeil 15 eingezeichnet.

Die Veränderung des Widerstandswertes kann bei allen Ausführungsformen durch die Veränderung des Schallweges zwischen Eingangsloch und Austrittsloch erreicht werden. Dies geschieht am zweckmäßigsten durch die Verschiebung einer oder mehrerer Lochplatten gegeneinander.

Bei kreisrunden Platten kann dies vorteilhaft durch Verdrehen geschehen, wie dies in der Fig. 5 dargestellt ist. Fig. 6 zeigt den Wert des akustischen Widerstandes in Abhängigkeit vom Drehwinkel.

Bei anders geformten Platten ist in analoger Weise eine Verschiebung denkbar. Bei einem Mehrplattensystem können eine oder mehrere Lochplatten gegeneinander verschoben werden, um eine Änderung des Widerstandswertes zu erreichen. Fig. 8 zeigt am Beispiel des Dreiplattensystems der Fig. 5, wie sich der Schallweg durch Verschieben der mittleren Lochplatte ändert.

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der eine Lochplatte als Teil des Gehäuses 16 ausgeführt ist. Die darauffolgende Lochplatte 17 kann dann z.B. durch Einschnappen, Kleben oder durch eine Ultraschallverschweißung leicht in bekannter Weise montiert werden.

Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen kann der erfindungsgemäße Widerstand einfach auf einen gewünschten Wert eingestellt werden. Dies ist besonders bei hochqualitativen Wandlern notwendig, wo enge Toleranzen gefordert sind, aber durch die Verwendung üblicher Materialien nicht realisiert werden können.

## Patentansprüche

1. Akustischer Widerstand, vorzugsweise für elektroakustische Wandler, bestehend aus zwei oder mehreren mit einer großen Anzahl von Durchgangslöchern versehenen, distanziert zueinander angeordneten Lochplatten, so daß der Schall durch die Löcher und durch die zwischen den Lochplatten liegenden Hohlräume hindurchtritt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lochplatten (5, 7) mit Erhebungen (6) versehen sind, auf denen sie berührend aufeinander aufliegen, wobei die Höhe der Erhebungen (6) so niedrig gewählt ist, daß im interessierenden Frequenzbereich der frequenzunabhängige Anteil des akustischen Widerstandes wesentlich höher ist als der frequenzabhängige Anteil (Fig. 2).
2. Akustischer Widerstand nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lochplatten (5, 7) anstelle von Erhebungen (6) eine definierte Oberflächenrauigkeit aufweisen (Fig. 3).
3. Akustischer Widerstand nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anzahl der berührenden Erhebungen (6) benachbarter Lochplatten (5, 7) mindestens so groß wie die Anzahl der Löcher (8, 10) einer Platte ist.

4. Akustischer Widerstand nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Löcher auf den Lochplatten, vorzugsweise gleichmäßig verteilt, angeordnet sind.
5. Akustischer Widerstand nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lochplatten aus Kunststoff hergestellt sind, wobei mindestens eine Lochplatte integrierender Bestandteil des Gehäuses (16) des elektroakustischen Wandlers ist (Fig. 9).
6. Akustischer Widerstand nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Widerstandswert durch gegenseitiges Verschieben einer oder mehrerer Lochplatten veränderbar ist, bzw. bei kreisförmig ausgebildeten Lochplatten der Widerstandswert durch gegenseitiges Verdrehen der Lochplatten veränderbar ist (Fig. 4 bis 8).

Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

15

20

25

30

35

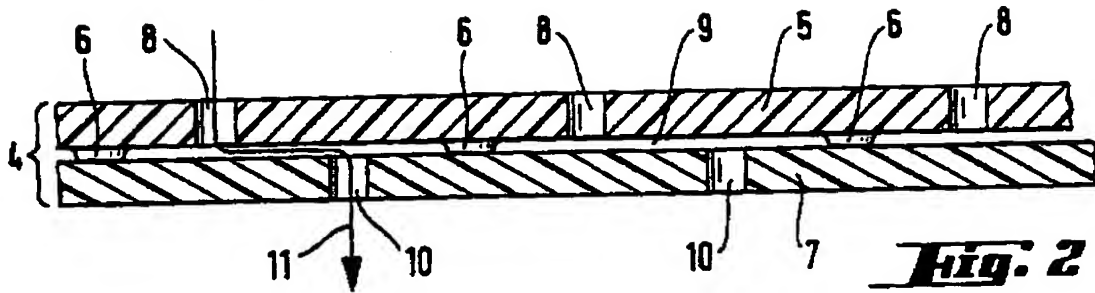
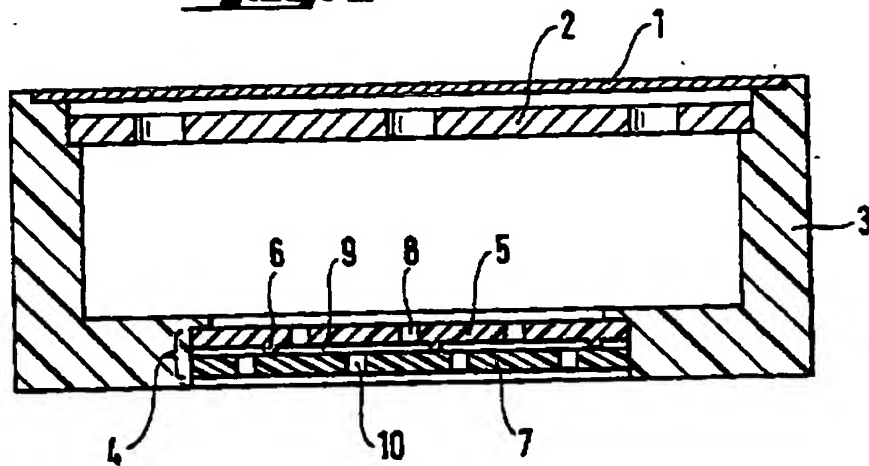
40

45

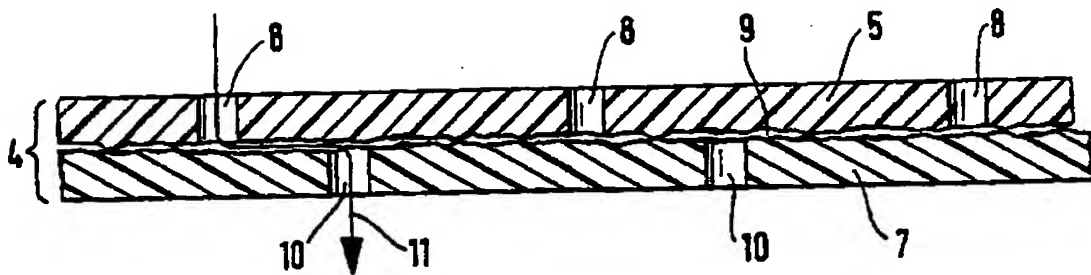
50

55

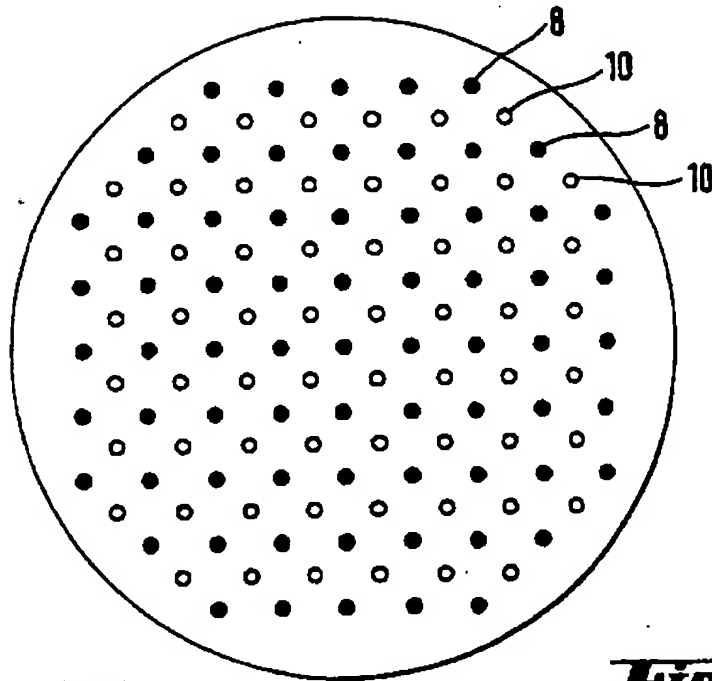
**Fig. 1**



**Fig. 2**

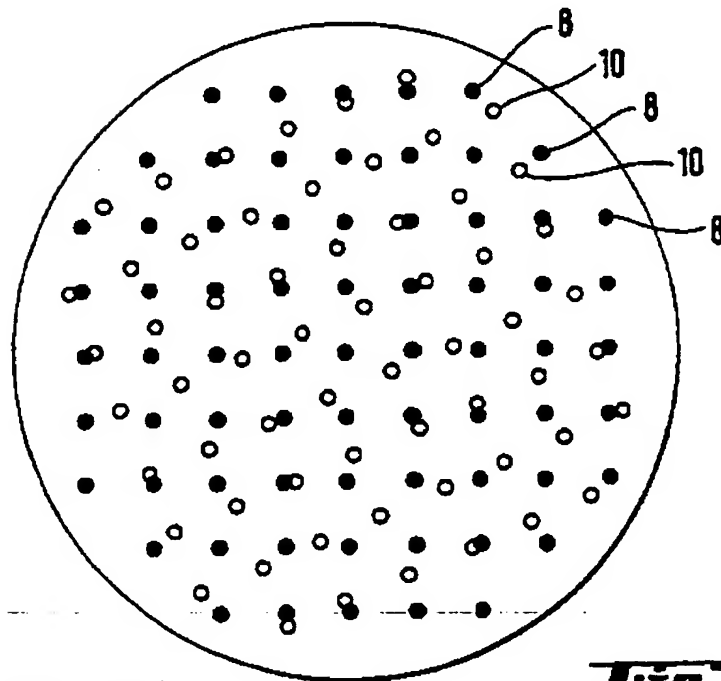


**Fig. 3**



0 Grad

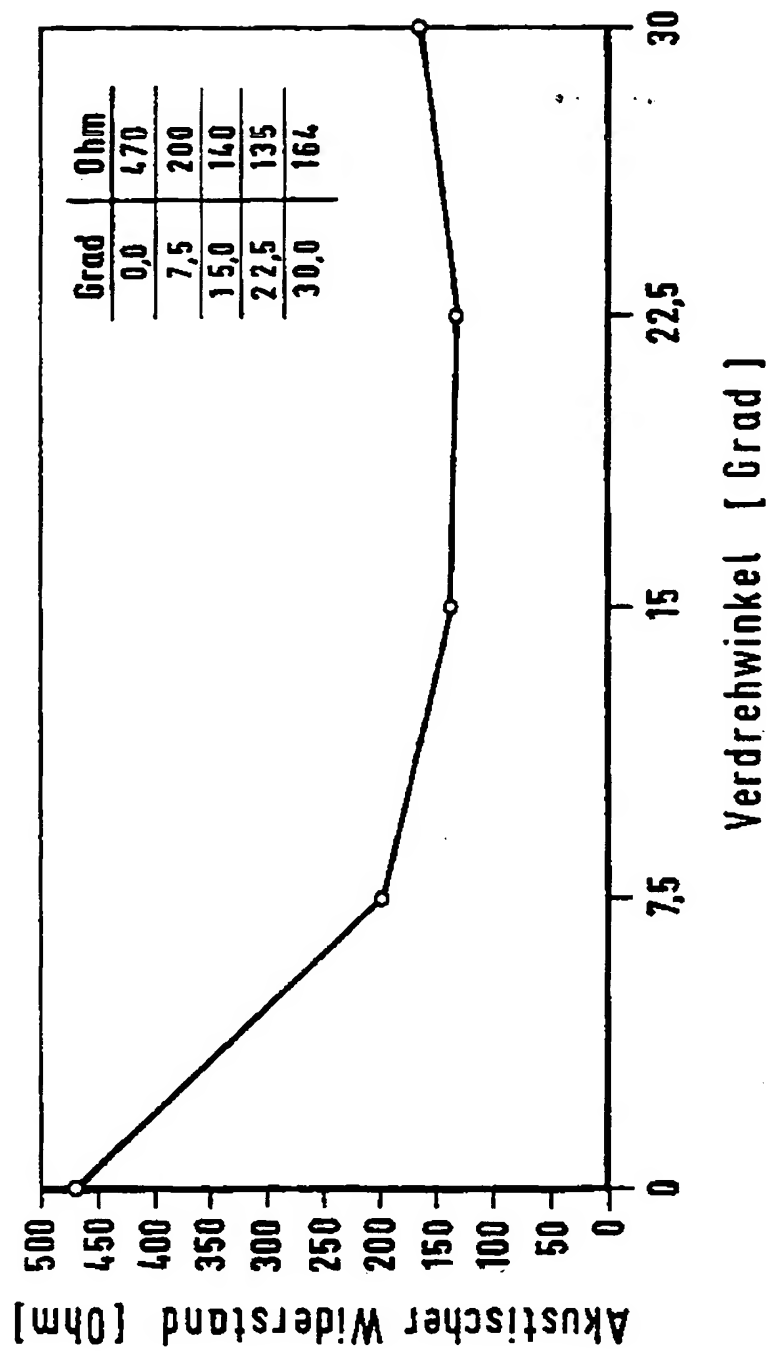
**Fig. 4**



22,5 Grad

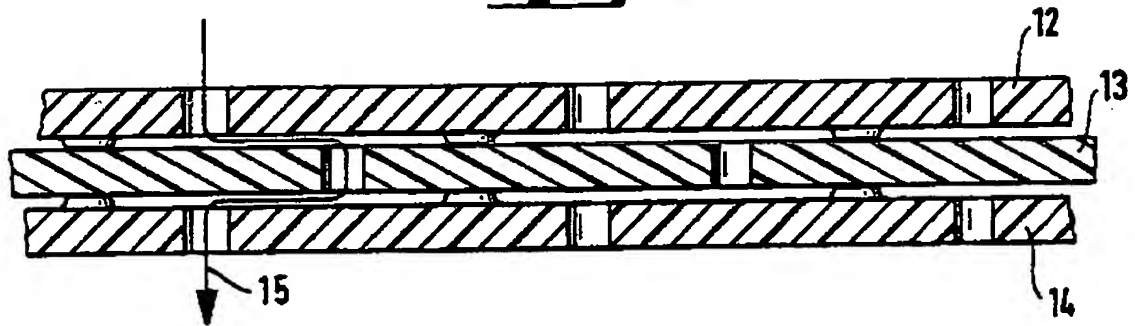
**Fig. 5**

**Fig. 6**

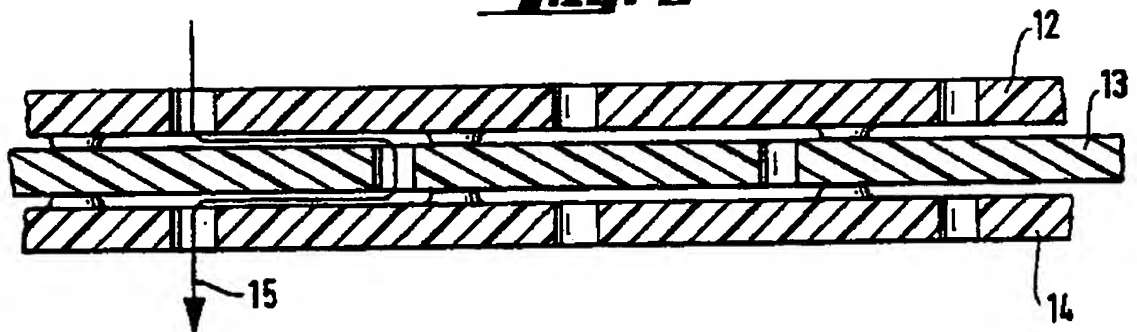




**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**

